

München, 1960.

**Die Prüfung der duodenalen
Resorption von Glukose, Fruktose
und Sorbit beim Menschen**

Ruth Lausch



Digitized by the Internet Archive
in 2026

**Die Prüfung der duodenalen Resorption
von Glukose, Fruktose und Sorbit beim
Menschen**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von
Ruth Lausch
aus Lugknitz-Schlesien



München 1960

5349/60

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Professor Dr. W. SEITZ
Dekan: Professor Dr. H. SCHWIEGK

Tag der mündlichen Prüfung: 15. März 1960

MEINEN ELTERN

IN DANKBARKEIT GEWIDMET

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. Einleitung	7
II. Material und Methode	8
III. Ergebnisse	13
IV. Diskussion	20
V. Zusammenfassung	33
VI. Literaturverzeichnis	34
VII. Lebenslauf	36

EINLEITUNG

Aus verschiedenen Gründen haben Art und Schnelligkeit der Resorption von Zuckern und Zuckeralkoholen klinisches und experimentelles Interesse gefunden. Auf Grund sehr unterschiedlicher Versuchsanordnungen (1 - 12) ist es jedoch schwierig, einen exakten Vergleich der Resorptionsverhältnisse bei Mensch und Tier in vivo und in vitro durchzuführen. Um klinisch verwertbare Ergebnisse zu erhalten, ist es erforderlich, die Resorptionsverhältnisse beim Menschen quantitativ zu prüfen. Als Prüfsubstanzen wurden für diese Arbeit Sorbit, Fruktose und Glukose gewählt, da die Klärung der Resorptionsverhältnisse dieser Stoffe praktisch wichtig ist. Bei Sorbit und Fruktose besteht das praktische Interesse darin, dass bei diesen Substanzen eine langsame Resorption dann erwünscht wäre, wenn sie an Diabetiker verabreicht werden. Sorbit hat, ebenso wie Fruktose, einen insulinunabhängigen Stoffwechsel (13), da es durch eine spezifische Dehydrogenase in der Leber zu Fruktose umgewandelt wird (14). Die Voraussetzung für die insulinunabhängige Utilisation von Fruktose und Sorbit bei Diabetikern ist allerdings in einer limitierten und in kleine Portionen aufgeteilten Gesamtmenge zu suchen (26).

Wir hatten uns zur Aufgabe gestellt, die duodenale Resorption von Glukose, Fruktose und Sorbit mit Hilfe einer Doppelballonsonde beim Menschen zu prüfen. Berichte über ähnliche Untersuchungen konnten wir in der Literatur nicht finden.

MATERIAL UND METHODE

a) Prinzip: Da die Versuche am Menschen durchgeführt wurden, musste auf die Anwendung von radioaktiven Substanzen verzichtet werden. Ausserdem war aus technischen Gründen die Beschränkung auf die Prüfung eines kleinen Darmabschnittes mit begrenzter Zeitdauer unumgänglich.

Zu diesem Zweck wurde eine Duodenalsonde unter Röntgenkontrolle ins Duodenum eingeführt, an deren Ende in gewissem Abstand 2 aufblasbare Ballons befestigt waren, die es erlaubten, eine immer gleichbleibende Strecke Darm abzusperren. In diesen Darmabschnitt wurden die jeweils zu prüfenden Substanzen (Glukose, Fruktose und Sorbit) einzeln nacheinander gegeben. Ihre Resorption wurde geprüft, indem nach verschiedenen Zeitabständen die im abgeschlossenen Darmabschnitt verbleibende Flüssigkeit möglichst quantitativ abgesaugt und die Restmenge der Substanzen mit der entsprechenden Nachweismethode ermittelt wurde.

b) Beschreibung der Sonde: Die verwendete Gummisonde nach Miller-Abbot bzw. Bartelheimer, ist röntgenpositiv, hat eine Länge von 330 cm und einen Durchmesser von 0,6 cm (= ca. 18 Charrier). An ihrem unteren Ende befindet sich eine blindverschlossene kleinere Olive, gleich darüber ein aufblasbarer Ballon. Der zweite Ballon ist 20 cm von diesem ersten entfernt. Der Durchmesser dieser beiden Ballons - entlang der Sonde gemessen - beträgt jeweils 7,5 cm. Der zwischen diesen beiden Ballons liegende Sondenabschnitt enthält 24 Öffnungen mit einem Durchmesser von jeweils 0,2 cm. Durch diese Öffnungen wurde die Testflüssigkeit in den Darm gegeben und später wieder abgesaugt. Im Inneren der Sonde verlaufen getrennt 3 kleine Schläuche, von denen 2 jeweils zu den entsprechenden Ballons führen und das Aufblasen mit Luft ermöglichen. Durch den 3. Schlauch konnte Flüssigkeit gegeben und später wieder abgesaugt werden.

c) Voruntersuchungen: In Vorversuchen mussten folgende Fragen geklärt werden:

1. Wieweit müssen die beiden Ballons mit Luft aufgeblasen werden, um den für den jeweiligen Versuch wichtigen Darmabschnitt sicher abzusperren?

In situ wurden die Ballons mit Hilfe einer Rekordspritze jeweils langsam solange mit Luft aufgeblasen, bis die Versuchsperson einen leichten Schmerz an typischer Stelle angab. Die hierfür nötige Luftmenge betrug durchschnittlich 50 - 150 ccm. Eine Aufschwemmung von nicht resorbierbarem Bariumsulfat wurde in den abgeschlossenen Darmabschnitt gegeben. Vor dem Röntgensschirm sah man, dass der Brei nicht über die beiden Begrenzungen, die an einer leichten, aber deutlich sichtbaren Aufhellung zu erkennen waren, hinausging. Auch nach 1 Stunde konnte keine Lageveränderung gesehen werden.

2. Wieviel Flüssigkeit ist nötig, um die Restmenge der Versuchslösung möglichst quantitativ aus dem abgeschlossenen Darmabschnitt wieder abzusaugen?

Dazu erwies sich eine Wassermenge von 5 mal 30 ccm als ausreichend, da in der letzten abgesaugten Portion praktisch keine Prüfsubstanz mehr nachweisbar war.

3. Wie gross soll die Menge der jeweils zu verabreichenden Substanz sein?

Orale Gaben von Glukose und Fruktose werden auch in grossen Mengen (um 100 g) von Normalpersonen vertragen.

Bei der einmaligen oralen Gabe von 40 g Sorbit mit Flüssigkeit an 3 gesunde Personen (Selbstversuch des Arbeitsteam) traten jedoch nach kurzer Zeit in allen 3 Fällen Übelkeit und Diarrhoen auf.

Dosierte man die Sorbitmenge mit 20 g bzw. 10 g auf 100 ccm Wasser und gab sie per Sonde ins Duodenum, so klagten die Versuchspersonen sehr bald über ein leichtes Übelkeitsgefühl und eine vermehrte Darmperistaltik, die sich bis zu stärkeren Spasmen und sogar bis zum Erbrechen steigern konnten. Mit grosser Wahrscheinlichkeit spielt hierbei der von Seitz (15) beschriebene Gallenblasenkontraktionseffekt nach oralen Sorbitgaben eine Rolle, der später von Pannhorst und Schacherl (16) bestätigt wurde.

Hingegen erwies sich eine Menge von 2 g Testsubstanz als zu gering um entsprechende quantitative Nachweise nach längerer Zeit noch führen zu können.

Aus diesen Gründen entschieden wir uns für eine jeweilige Verabreichung von 5 g Sorbit, Fruktose oder Glukose auf 100 ccm Wasser.

4. Nach welchen Zeitabständen soll die Resorption geprüft werden?

Wir setzten eine Zeit (= Resorptionsdauer) von 5, 15 und 30 Minuten fest, die sich - schon nach den ersten Ergebnissen (siehe unten) - aus versuchstechnischen Gründen als die günstigste erwies.

5. Für welches Darmstück sollte die Resorption geprüft werden?

Als Resorptionsort wählten wir das Duodenum bis zur Flexura duodenojejunalis, da angenommen werden konnte, dass dieser Abschnitt bei jeder Versuchsperson weitgehend fixiert und röntgenologisch gut nachweisbar ist und daher eine vergleichende Beurteilung gestattet.

d) Untersuchungsgang: Für die Resorptionsprüfungen wurden freiwillige nüchterne Versuchspersonen - gesunde Studentinnen und Studenten zwischen dem 21. und 25. Lebensjahr - herangezogen.

Nach dem Schlucken der Sonde auf eine Länge von 45 cm wurden die Versuchspersonen

sonen auf die rechte Seite mit durch Kissen erhöhtem Becken gelagert. Den Schlauch liess man langsam zentimeterweise weiterschlucken. Die Lage des Sondenkopfes wurde ab und zu röntgenologisch kontrolliert. Eine besondere Schwierigkeit bestand darin, dass der Gummischlauch in den wenigsten Fällen nach kurzer Zeit oder gar sofort ins Duodenum glitt. Manchmal brachten leichte Stösse mit einer Hand in den Bereich des linken unteren Rippenbogens und gleichzeitigem massierenden Druck des Daumens der anderen Hand in der Gegend des Pylorus Erfolg. In der überwiegenden Anzahl musste das Wandern der Sondenspitze ins Duodenum abgewartet werden, das in der Regel 3 Stunden betrug. War der Sondenkopf ins Duodenum eingetreten, wurde oft etwas Luft oder Wasser zur Peristaltikanregung bzw. zur Beschwerung in den ersten Ballon gegeben. Der Dehnungsreiz, der dadurch auf die Darmwand ausgeübt wird, löst Peristaltikwellen aus, die den Gummischlauch weiterbefördern. Die Lage der Sonde galt als optimal, wenn der vordere Ballon die Flexura duodenojejunalis passiert hatte und der zweite in der Pars descendens duodeni lag. Von dem Zeitpunkt an, zu dem die Sonde die für den Versuch geeignete Lage erreicht hatte, betrug die Dauer der Resorptionsprüfung in der Regel noch 3 1/2 Stunden, während derer die Versuchspersonen in horizontaler Ruhelage verblieben.

Zu Beginn jeder einzelnen Resorptionsprüfung wurden nacheinander langsam beide Ballons mit Luft aus einer Rekordspritze aufgeblasen, bis der Proband einen leichten Schmerz an der dem Ballon entsprechenden Stelle angab. In seltenen Fällen war es notwendig, das Luftvolumen durch Ablassen oder Nachfüllen zu regulieren.

Wenn das Duodenum auf diese Weise nach dem Magen und dem übrigen Dünndarm hin verschlossen war, wurden die Testsubstanzen durch die Sonde in Form einer angewärmten Lösung von jeweils 5 g Substanz auf 70 ccm Wasser hineingegeben. Der Turnus der Verteilung dieser Substanzen wurde rein willkürlich variiert. Um alle Reste der Zuckerlösung aus dem Gummischlauch in den Darm zu spülen, wurden 30 ccm Wasser nachgegeben. Nach der entsprechenden Resorptionszeit wurde langsam die noch im Darm verbliebene Menge abgesaugt, indem 5 Portionen zu je 30 ccm Wasser in das Darmstück gegeben und wieder abgesaugt wurden, bis keine Flüssigkeit mehr gewonnen werden konnte. Hierauf wurde die Luft beider Ballons abgelassen und eine Ruhepause von 5 - 10 Minuten eingelegt.

Für die Resorption von Fruktose und Sorbit wurden 3 Prüfzeiten, nämlich 5, 15 und 30 Minuten gewählt, während die Glukoseresorption nach 5 und 15 und nur gelegentlich nach 30 Minuten geprüft wurde. Der Grund dafür lag darin, dass Glukose nach 30 Minuten praktisch nicht mehr nachweisbar war, wie in einigen über 30 Minuten durchgeführten Resorptionsprüfungen gezeigt wurde. Andererseits waren die Versuchspersonen durch diese langdauernde Prozedur einer grossen Belastung ausgesetzt. Da es dabei wiederholt zu Übelkeit, Brechreiz und sogar Erbrechen der Probanden kam und deswegen ein solcher Versuch nicht gewertet werden konnte, er-

wies es sich als vorteilhaft, von einer regelmässigen Prüfung der Glukoseresorption nach 30 Minuten abzusehen. Dies war auch deswegen möglich, weil zu diesem Zeitpunkt praktisch sowieso keine Glukose mehr im Darmlumen nachweisbar ist.

Von jedem Probanden wurden in der oben beschriebenen Weise 8 (9) einzeln gesammelte Probeflüssigkeiten gewonnen, die sich aus 3 sorbit-, 3 fruktose- und 2 (3) glukosehaltigen Lösungen zusammensetzten. Diese wurden anschliessend zentrifugiert und aus dem Überstand der Gehalt an Prüfsubstanzen ermittelt. Der Glukosegehalt wurde nach Hagedorn-Jensen (17) bestimmt. Zum Fruktosenachweis dienten die Methoden nach Stöhr (18) und zur Kontrolle die nach Roe (19); von den voneinander kaum abweichenden Ergebnissen wurden die nach Stöhr gewonnenen Resultate berücksichtigt. Der Sorbitgehalt wurde nach der Methode nach West und Rapoport (20) bestimmt. Die jeweils ermittelten Konzentrationen wurden in der üblichen Weise mit der Gesamtmenge der abgesaugten Flüssigkeit multipliziert. Das Ergebnis entsprach damit jener Menge Prüfsubstanz in Gramm, die nach der Prüfzeit von den ursprünglich applizierten 5 g noch im Darmlumen verblieben war.

Kritik

Hinsichtlich der Durchführung der beschriebenen Methode könnten folgende kritische Einwände erhoben werden:

1. Der Abschluss beider Ballons gegen den übrigen Magen-Darmtrakt könnte nicht dicht genug gewesen sein, sei es, dass die Ballons als solche nicht dicht waren, oder dass sie das Darmlumen infolge mangelhafter Aufblähung nicht genügend abdichteten. Es hätte auch geschehen können, dass die Ballons während der langen Versuchszeiten durch die Peristaltikwellen im Darmtrakt weiter getrieben worden wären und dadurch ein nicht immer gleichbleibender Darmabschnitt für die Resorptionszwecke zur Verfügung gestanden hätte.
2. Es wäre möglich gewesen, dass man nicht immer alle Restflüssigkeit aus dem abgesperrten Darmteil herauspülen konnte.
3. Es wäre denkbar, dass die Resorptionsfähigkeit des entsprechenden Darmteils durch die jeweils vorausgegangene Resorption einer anderen Substanz verändert worden ist.

Zur Frage des dichten Abschlusses des zu untersuchenden Darmabschnittes ist zu sagen, dass zu Beginn und am Ende eines jeden Versuches die Ballons auf ihre Unversehrtheit geprüft wurden. Die Möglichkeit, dass die beiden aufgeblasenen Gummibälle den Darm nicht genügend abgedichtet hatten, wurde in den erwähnten Vorversuchen mit Bariumbreigaben ausgeschlossen. Nicht zu beeinflussen war allerdings die bei einem Teil der Versuchspersonen aufgetretene vermehrte Darmperistaltik, die auch manchmal zu leichten Krämpfen und sogar Erbrechen geführt hat. Im Falle eines Erbrechens wurde die Resorptionsprüfung nicht gewertet oder sie

wurde wiederholt. Ob und wieviel an Zuckerlösung im Laufe eines Resorptionsversuches durch die Peristaltikwellen aus dem abgesperrten Darmstück möglicherweise herausgetrieben wurde, lässt sich an den Versuchsergebnissen nicht feststellen. Die betreffenden Werte liegen aber durchaus im Bereich derjenigen, die ohne solche Ereignisse erzielt wurden.

Die Frage eines Weiterwanderns der Sonde nach Beginn der Versuchsreihe ist nicht mit Sicherheit zu klären. Jedoch konnte in allen Fällen, in denen zu irgend einem Zeitpunkt während oder nach Abschluss der Resorptionsprüfung vor dem Röntgenschirm die Sondenlage kontrolliert wurde, keine Lageveränderung der Sonde festgestellt werden. Da der Gummischlauch jeweils nach exakter Lage im Duodenum am Kinn durch ein Heftpflaster fixiert wurde, kann mit grosser Wahrscheinlichkeit ein Wandern der Sonde um ein für die Resorption bedeutendes Längenstück ausgeschlossen werden.

Das Problem, stets die gesamte Restflüssigkeit abzusaugen, wurde auf die beschriebene Weise durch wiederholtes Ausspülen des Darmstückes mit einer grösseren Wassermenge gelöst.

Aus den Ergebnissen der Versuchsreihen geht nicht hervor, dass die Resorption einer Substanz durch die vorherige Verabreichung anderer Prüfsubstanzen verändert worden ist. Trotzdem wurde versucht, dieser Möglichkeit durch die willkürliche Änderung in der Substanzverabreichung auszuweichen.

ERGEBNISSE

Von 40 Versuchspersonen konnte bei 28 die Doppelballonsonde in der beschriebenen Weise gelegt werden. Zur Auswertung der Versuchsreihen gelangten aber nur die Resultate von 17 Probanden, da 4 nur 2 g und 1 Proband 10 g Zucker in den Versuchslösungen erhalten hatten. Bei 5 Probanden vereitelten technische Schwierigkeiten während des Versuches die exakte Durchführung. Eine Versuchsperson hatte sich für je einen Versuch an zwei verschiedenen Tagen zur Verfügung gestellt; hiervon durfte aus statistischen Gründen nur ein Versuch gewertet werden.

Statistik

1) Statistische Parameter.

Zur ersten Kennzeichnung der Versuchsergebnisse wurden für jede Substanz und für jeden Zeitpunkt der Mittelwert $\bar{x}$, die Varianz s^2 und der mittlere Fehler des Mittelwertes $s_{\bar{x}}$ der Wert aller Probanden zu dem betreffenden Zeitpunkt und für die betreffende Substanz berechnet. Das Ergebnis dieser Berechnungen findet sich in den Tabellen 2 - 4. Die Interpretation dieser Parameter wird weiter unten folgen.

In der Abbildung 1 sind diese Mittelwerte nochmals eingezeichnet, ausserdem für den Zeitpunkt 0, d. h. mit dem Beginn des Versuches, der Ausgangswert von 5 g. Diese Abbildung vermittelt bereits ein angenähertes Bild über den Ablauf der Resorption.

2) Prüfung der Unterschiede zwischen den Geschlechtern.

Es war zunächst zu prüfen, ob es notwendig ist, bei der statistischen Auswertung die Geschlechter getrennt zu berücksichtigen. Unter den 17 zur Auswertung herangegangenen Probanden befanden sich 14 Männer und 3 Frauen. Um ohne allzu komplizierte Berechnungen einen sinnvollen Vergleich zwischen dem Verhalten der Geschlechter durchführen zu können, war es daher notwendig, 3 der männlichen Probanden zu streichen. Unter Verwendung einer Tafel mit Zufallszahlen strichen wir demzufolge die Probanden 1, 8 und 11. Aus Gründen, die weiter unten ersichtlich werden, wurde der Vergleich zwischen den Geschlechtern nur für die beiden Substanzen Sorbit und Fruktose durchgeführt.

In den Tabellen 5 und 6 sind, getrennt nach Geschlechtern, wiederum Mittelwert $\bar{x}$, Varianz s^2 und mittlerer Fehler des Mittelwertes $s_{\bar{x}}$ für jeden Zeitpunkt angegeben. Unterschiede in den Varianzen s^2 zeigen an, in welcher Weise sich die Unterschiede zwischen den Probanden von einem Zeitpunkt zum anderen ändern. Sind diese Varianzen untereinander inhomogen, so deutet dies darauf hin, daß die Unterschiede zwischen Probanden von dem jeweiligen Zeitpunkt der Bestimmung abhängen. Wir prüften daher die Homogenität der Varianzen nach dem BARTLETT-Test. Das Ergebnis des Tests findet sich am Fusse der jeweiligen Tabelle, wobei

n die Zahl der Freiheitsgrade der Chi-Quadrat-Prüfverteilung, χ^2_{emp} die berechnete Prüfgrösse und p die Überschreitungswahrscheinlichkeit dieser Prüfgrösse in der Prüfverteilung bedeutet. Lediglich bei den weiblichen Probanden ist für Sorbit p kleiner als 5 %, d.h. lediglich in diesem Falle lassen sich Inhomogenitäten bei den Varianzen feststellen. Der Effekt ist nicht stark gesichert, jedoch scheint die Grösse der Varianzen darauf hinzudeuten, dass sich zum Zeitpunkt 5 Minuten die individuellen Unterschiede zwischen den weiblichen Probanden noch nicht so stark bemerkbar machen wie zu den späteren Zeitpunkten, ein Ergebnis, das sich auch bei den Männern andeutet, das jedoch bei diesen statistisch nicht zu sichern ist. Obschon bei der Fruktose weder bei den Männern noch bei den Frauen eine Inhomogenität zwischen den zu verschiedenen Zeiten gehörigen Varianzen statistisch gesichert werden kann, ist es dennoch interessant, bereits hier auf das charakteristische Verhalten dieser Varianzen hinzuweisen. Im Gegensatz zum Sorbit zeigt sich nämlich bei der Fruktose, dass mit längerer Versuchsdauer die Unterschiede zwischen den Probanden, sowohl männlichen als auch weiblichen, kleiner werden. Auf die möglichen Gründe hierfür wird in anderem Zusammenhange näher eingegangen werden. Schliesslich sei noch darauf verwiesen, dass sowohl beim Sorbit als auch bei der Fruktose die Varianzen bei den weiblichen Versuchsteilnehmern durchschnittlich doppelt so gross sind als bei den männlichen Versuchsteilnehmern, d.h., dass die individuellen Unterschiede in der Resorption bei den weiblichen Probanden wesentlich stärker zum Ausdruck kommen als bei den männlichen.

Durch Varianzanalysen prüften wir schliesslich, ob in der Grösse der Resorption zwischen den beiden Geschlechtern statistisch feststellbare Unterschiede bestehen. Das Ergebnis dieser Varianzanalyse steht in den Tabellen 7 und 8. Die zum gleichen Zeitpunkt gemessenen Werte aller Probanden des gleichen Geschlechtes fassen wir hierin als einen Versuchsblock auf und die Varianz innerhalb dieser Versuchsblöcke als den Versuchsfehler. Dem oben erwähnten Umstand, dass bei den Frauen diese Varianz annähernd doppelt so gross ist als bei den Männern, trugen wir dadurch Rechnung, dass wir die Messwerte der Männer mit dem Gewicht 2 versahen. Bei Sorbit besitzt der Varianzquotient F_{emp} zwischen der "Varianz innerhalb der Blöcke" eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von mehr als 5 %. Bei Fruktose ist sogar die "Varianz zwischen den Geschlechtern" zahlenmässig kleiner als die "Varianz innerhalb der Blöcke". Ebenso besitzt bei Sorbit der Varianzquotient F_{emp} zwischen der Wechselwirkung Geschlechter - Zeiten und der "Varianz innerhalb der Blöcke" eine Überschreitungswahrscheinlichkeit p, die grösser als 5 % ist, während bei Fruktose die entsprechende Wechselwirkung zahlenmässig kleiner ist als die entsprechende Varianz. Die vorliegenden Ergebnisse enthalten statistisch somit keinen Anhaltspunkt dafür, dass zwischen dem Verhalten der Geschlechter ein Unterschied besteht.

Das vorliegende Ergebnis ist nicht so zu interpretieren, dass zwischen den beiden Geschlechtern hinsichtlich des Resorptionsvorganges prinzipiell keine Unterschiede

bestehen, vielmehr besagt es nur, dass aus unseren Ergebnissen ein solcher Unterschied sich nicht ermitteln lässt. Für die weitere statistische Auswertung der Versuchsergebnisse ist dies insofern von Bedeutung, als sich hieraus ergibt, dass es nicht notwendig ist, für unsere Versuchsergebnisse einen Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Versuchsteilnehmern zu machen.

3) Prüfung der Bedeutung der Reihenfolge in der Gabe der Prüfsubstanzen.

Prinzipiell sind 6 verschiedene Reihenfolgen in der Gabe der Substanzen möglich. Wegen der kleinen Anzahl von Probanden, die zur Verfügung standen, wurden jedoch nur 3 dieser möglichen Anordnungen wirklich experimentell durchgeführt und zwar:

Sorbit-Fruktose-Glukose	(S-F-G)
Fruktose-Sorbit-Glukose	(F-S-G)
Glukose-Sorbit-Fruktose	(G-S-F).

Von den Probanden, bei denen der Versuch in einer der beiden ersten Gruppierungen durchgeführt wurde, strichen wir je einen, um die statistischen Untersuchungen mit gleichviel Probanden in jeder der 3 Gruppierungen vornehmen zu können (5 Probanden pro Gruppe).

Für jede Substanz war nunmehr zu prüfen, ob sich die 3, den obigen Gruppierungen zugehörigen Probandengruppen hinsichtlich ihres Verhaltens unterschieden. Diese Prüfungen wurden mittels Varianz-Analysen durchgeführt, deren Ergebnisse sich in den Tabellen 9 - 11 finden. Die zum gleichen Zeitpunkt gehörigen Ergebnisse aller Probanden einer Probandengruppe wurden dabei zu einem Versuchsblock vereinigt und die Varianz innerhalb dieser Versuchsblöcke als Versuchsfehler aufgefasst. Nur bei der Fruktose ist die "Varianz zwischen den Gruppen" zahlenmässig grösser als die "Varianz innerhalb der Blöcke"; der zugehörige Varianzquotient $F_{\text{emp.}}$ besitzt jedoch eine Überschreitungswahrscheinlichkeit, die wesentlich grösser ist als 5 %. In allen anderen Fällen ist die "Varianz zwischen den Gruppen" und die Wechselwirkung Gruppen - Zeiten zahlenmässig kleiner als die zugehörige "Varianz innerhalb der Blöcke". Bei keiner der 3 Substanzen ergibt sich somit ein statistisch fassbarer Einfluss der Reihenfolge der Applikation der Substanzen auf die Höhe der Resorption der einzelnen Substanzen.

Auch hier bedeutet dieses Ergebnis nicht, dass ein solcher Unterschied generell nicht besteht, vielmehr besagt es nur, dass man bei der Auswertung der vorliegenden Versuchsergebnisse solche Unterschiede nicht zu berücksichtigen braucht.

Der Vollständigkeit halber seien noch die zu den einzelnen Gruppen gehörigen Probanden angegeben.

S-F-G:	Probanden 1, 7, 9, 12 und 14;
F-S-G:	Probanden 3, 8, 10, 13 und 16;
G-S-F:	Probanden 4, 5, 11, 15 und 17.

Gestrichen wurde der Proband 2, der zur Gruppe G-S-F gehörte und der Proband 6, der zur Gruppe S-F-G gehörte. Auch die Streichung dieser Probanden erfolgte nach zufälligen Gesichtspunkten.

4) Die Unterschiede in der Resorption der 3 Prüfsubstanzen. Auf Grund der unter 2 und 3 gewonnenen Ergebnisse ist es bei der Prüfung der Frage, ob zwischen den Substanzen Unterschiede in der Resorption bestehen, nicht notwendig, zwischen männlichen und weiblichen Probanden und zwischen Probandengruppen (hinsichtlich der Reihenfolge in der Gabe der Substanzen) zu unterscheiden. Dementsprechend können die unter 1 angegebenen statistischen Parameter zum Ausgangspunkt für die Prüfung dieser Frage dienen.

Hinsichtlich der Resorption der Glukose ist zu bemerken, dass bei einer Resorptionsdauer von 30 Minuten, nach dem Absaugen nur noch bei 4 Probanden überhaupt Glukose noch analytisch nachweisbar war. Bei Sorbit und bei Fruktose tritt dies jedoch bei keinem der Probanden auf. Es darf daher als sicher gelten, dass die Resorption von Glukose wesentlich schneller vor sich geht als diejenige der beiden anderen Substanzen. Es wurde daher davon abgesehen, die Glukose mit den beiden anderen Substanzen noch näher zu vergleichen. Dementsprechend fehlt auch in der Tabelle 4 der zur Resorptionsdauer von 30 Minuten gehörende Mittelwert und die entsprechenden Varianzen. Dies war auch der Grund, warum wir den Vergleich zwischen den Geschlechtern nur für die beiden Substanzen Sorbit und Fruktose durchführten.

Die Unterschiede zwischen den zu verschiedenen Resorptionsdauern des gleichen Präparates gehörigen Varianzen s^2 deuten wiederum an, in welcher Weise die Unterschiede zwischen den Probanden von der Dauer der Resorption abhängen. Der zur Prüfung der Homogenität dieser Varianzen durchgeführte BARTLETT-Test, dessen Ergebnis wieder am Fusse der jeweiligen Tabelle steht, zeigt, dass bei Fruktose eine statistisch gesicherte Inhomogenität dieser Varianzen besteht. Bei Sorbit und Glukose ist dies nicht der Fall (bei Glukose dürfte dies jedoch darauf zurückzuführen sein, dass nur 2 Zeitpunkte bei der Prüfung berücksichtigt wurden).

Während somit für Sorbit angenommen werden darf, dass die Unterschiede zwischen den Probanden zu den 3 betrachteten Zeitpunkten annähernd gleichgeblieben sind, scheinen bei der Fruktose diese Unterschiede stark von der Dauer der Resorption abzuhängen. Die Tabelle 3 zeigt, dass diese Varianzen mit zunehmender Dauer der Resorption abnehmen, wobei nach 30 Minuten diese Varianz besonders klein wird. Ein entsprechendes Verhalten wurde bereits weiter oben beim Vergleich zwischen den Geschlechtern festgestellt. Es muss angenommen werden, dass dies

folgende Ursache hat. Der zu einer Resorptionsdauer von 30 Minuten gehörige Mittelwert der Restfruktose zeigt an, dass im Mittel nach 30 Minuten die Fruktose schon sehr stark resorbiert ist. Da alle Messwerte notwendig positiv sind und damit nach der negativen Seite kupiert sind, macht sich bei der grossen Resorption nach 30 Minuten diese Kupierung bereits stark bemerkbar, und bewirkt damit die Verkleinerung der Varianz. Es ist durchaus denkbar, dass bei einer grösseren Ausgangsmenge, etwa 8 g statt 5 g, die Varianzen auch bei der Fruktose über den ganzen Versuchsablauf hinweg homogen geblieben wären. Ausserdem muss angenommen werden, dass die durch den Mittelwert $\bar{x}$ der Stichprobe gelieferte Schätzung der mittleren Resorption von Fruktose nach 30 Minuten systematisch zu niedrig ist. Diese Annahme könnte überprüft werden, indem man statt mit einer Ausgangsmenge von 5 g mit einer solchen von etwa 8 g arbeitet.

Die Tatsache, dass nach 30-minütiger Resorptionsdauer die mittlere Restfruktose bereits sehr niedrig ist, lässt es im Hinblick auf die Kupierung der Werte nach unten sehr fraglich erscheinen, ob man statistische Vergleiche noch nach Methoden durchführen darf, die auf Normalverteilung basieren. Um die Resorption der beiden Substanzen Sorbit und Fruktose miteinander zu vergleichen, führten wir daher einen Anordnungstest durch. Hierzu wird für jeden Zeitpunkt geprüft, bei wievielen der 17 Probanden die Resorption einer Substanz, etwa Fruktose, grösser war als diejenige der anderen Substanz. Dies ergibt folgende Zahlenwerte:

- 5-minütige Resorptionsdauer: Bei 8 Probanden wurde Fruktose stärker resorbiert als Sorbit;
- 15-minütige Resorptionsdauer: Bei 8 Probanden wurde Fruktose stärker resorbiert als Sorbit;
- 30-minütige Resorptionsdauer: Bei 14 Probanden wurde Fruktose stärker resorbiert als Sorbit.

Wie man den, für solchen Anordnungstest berechneten Tabellen jetzt unmittelbar entnehmen kann (siehe etwa van der Waerden (21)), lassen sich in der Resorption von Sorbit und Fruktose bei 5-minütiger bzw. 15-minütiger Resorptionsdauer keine Unterschiede statistisch feststellen. Bei 30-minütiger Resorptionsdauer dagegen kann man mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 0,5 % behaupten, dass während dieses Zeitraums mehr Fruktose als Sorbit resorbiert wird.

Benutzt man zum Vergleich der Resorption von Sorbit und Fruktose nach einer Resorptionsdauer von 30 Minuten eine Varianzanalyse, d.h. eine Methode, die mit Normalverteilung arbeitet, so kommt man zum gleichen Ergebnis. Die entsprechende Varianzanalyse findet sich in Tabelle 12. Als Prüf-Varianz wurde hierin die Wechselwirkung Probanden - Präparate benutzt, und der Varianzquotient F_{emp} der "Varianz zwischen den Präparaten" und dieser Prüfvarianz berechnet. Wie die Tabelle zeigt, besitzt dieser Varianzquotient eine Überschreitungswahrscheinlichkeit p , die kleiner als 1 % ist. Anordnungstest und Varianzanalyse führen damit

zu dem gleichen Ergebnis mit annähernd der gleichen Irrtumswahrscheinlichkeit. Die oben geltend gemachten Bedenken gegen die Anwendung von Methoden, die auf Normalverteilung basieren, behalten jedoch auch gegenüber der Anwendung von Varianzanalysen ihre Gültigkeit. Wir messen daher dem Ergebnis des Anordnungstests eine grössere Beweiskraft zu, und haben die Varianzanalysen lediglich deshalb durchgeführt, da sie wohl die geläufigere Methode ist.

Der soeben durchgeführte statistische Vergleich zwischen der Resorption der beiden Substanzen Sorbit und Fruktose hat den methodischen Nachteil, dass er sich lediglich auf eine Resorptionsdauer von 30 Minuten bezieht. Ein Blick auf die Abbildung 1 lässt jedoch vermuten, dass in dem Zeitraum von 5 Minuten bis zu 30 Minuten Resorptionsdauer der Resorptionsvorgang sowohl bei Sorbit als auch bei Fruktose annähernd linear verläuft. Es lag daher nahe, für diesen Zeitabschnitt eine lineare Regression zwischen der Dauer der Resorption und der resorbierten Menge bzw. der Restmenge für jede der beiden Substanzen zu errechnen. Zeigt sich hierbei, dass in dem betrachteten Zeitabschnitt für beide Substanzen die Regression als in 1. Näherung linear angesehen werden darf, so ist der Regressionskoeffizient a dieser linearen Regression als die Resorptionsgeschwindigkeit während dieses Zeitabschnittes zu interpretieren, d. h. als diejenige Menge, die in 1 Minute resorbiert wird.

Die Berechnung ergab die nachstehenden Regressionskoeffizienten

Sorbit:	$a = - 0'0468;$
Fruktose:	$a = - 0'0738.$

Es war nunmehr zu prüfen, ob es zulässig ist, überhaupt eine lineare Regression zwischen der Resorption und der Resorptionsdauer anzunehmen. Das Ergebnis der hierzu durchgeführten Varianzanalysen findet sich in den Tabellen 13 und 14. In der jeweils 1. dieser Varianzanalysen wurde dabei geprüft, ob der entsprechende Regressionskoeffizient signifikant von 0 unterschieden ist, d. h. ob überhaupt eine Resorption in dem betrachteten Zeitabschnitt stattfindet. Hierzu wurde der Varianzkoeffizient $F_{\text{emp.}}$ zwischen der "Varianz der Regression" und der "reduzierten Varianz" berechnet, und dessen Überschreitungswahrscheinlichkeit p in seiner Prüfverteilung bestimmt. In beiden Fällen ist die Überschreitungswahrscheinlichkeit wesentlich kleiner als 0,1 %, d. h. es kann als statistisch hoch gesichert angesehen werden, dass in dem betrachteten Zeitabschnitt beide Substanzen resorbiert werden. Dieses Ergebnis ist selbstverständlich. Die in den jeweils 2. Varianzanalysen angegebene Restvarianz ist die Wechselwirkung Zeiten - Probanden in dem betrachteten Zeitabschnitt. Die Abweichung dieser Restvarianz von der reduzierten Varianz ist ein Mass für die Abweichung der empirisch gemessenen Werte von der Hypothese der Linearität der Regression. Für beide Substanzen ist diese Abweichung zahlenmässig kleiner als die Restvarianz, es besteht somit keinerlei Veranlassung für den betrachteten Zeitabschnitt die Hypothese zu verwerfen, während dieses Zeitabschnittes erfolge die Resorption mit der Zeit. Es ist somit sinnvoll für den

betrachteten Zeitabschnitt die oben angegebenen Regressionskoeffizienten als Resorptionsgeschwindigkeiten zu deuten. Es zeigt sich dabei, dass die Resorptionsgeschwindigkeit bei Fruktose etwas grösser ist als bei Sorbit. Es war noch zu prüfen, ob dieser Unterschied zufälliger oder wesentlicher Natur ist.

Hierzu wurde zunächst die Regression zwischen Resorptionsdauer und resorbierter Menge unter der Annahme berechnet, dass diese für beide Substanzen gleich sei. Es wurde dann geprüft, ob diese Regression linear ist und ob sie als gemeinsame Regression jeder der beiden Substanzen aufgefasst werden kann. Das Ergebnis dieser Prüfungen, die wiederum mit entsprechenden Varianzanalysen durchgeführt wurden, findet sich in der Tabelle 15. Die beiden ersten dieser Varianzanalysen dienten der Prüfung der Linearität der gemeinsamen Regression beider Substanzen. Sie sind genauso zu interpretieren wie dies oben für die Regressionen der einzelnen Substanzen geschah. Da auch hier die Restvarianz zahlenmässig grösser ist als ihre Abweichung von der reduzierten Varianz, darf in der Tat eine lineare Regression angenommen werden. Für unsere Fragestellung wesentlich war jedoch die Prüfung der Frage, ob diese Gesamtregression als eine Näherung der Einzelregressionen jeder Substanz angesehen werden kann. Hierzu verglichen wir die reduzierten Varianzen der Einzelregressionen mit der reduzierten Varianz der Gesamtregression. Die 3. Varianzanalyse in Tabelle 15 gibt das Ergebnis dieses Vergleiches wieder. Es zeigt sich, dass die Abweichung der reduzierten Varianzen der Einzelregressionen von der reduzierten Varianz der Gesamtregression nicht mehr als zufällig angesehen werden kann, da der Varianzquotient $F_{\text{emp.}}$ zwischen der Abweichung und der reduzierten Varianzen der Einzelregressionen eine Überschreitungswahrscheinlichkeit p besitzt, die kleiner als 5 % ist. Es kann somit als statistisch gesichert gelten, dass die Resorptionsgeschwindigkeit bei Fruktose grösser ist als bei Sorbit.

Die Ergebnisse der statistischen Untersuchungen dieses Abschnittes lassen sich dahingehend zusammenfassen, dass die Resorption von Glukose wesentlich schneller vor sich geht als diejenige von Sorbit und Fruktose, und dass bei längerer Resorptionsdauer Fruktose stärker resorbiert wird als Sorbit. Bei einer Resorptionsdauer von mindestens 5 und höchstens 30 Minuten ist die Relation zwischen resorbierter Menge und Resorptionsdauer bei Sorbit und Fruktose annähernd linear, wobei sich in diesem Abschnitt eine grössere Resorptionsgeschwindigkeit für Fruktose als für Sorbit ergibt.

DISKUSSION

Beim Betrachten der Einzelergebnisse der Tabelle 1 fällt auf, dass das Resorptionsvermögen der Versuchspersonen mitunter deutlich verschieden ist. Eine verringerte Resorptionsfähigkeit bezieht sich dann aber stets auf alle 3 Prüfsbstanzen, also auf Glukose, Fruktose und Sorbit. Mit anderen Worten liessen sich also Versuchspersonen ermitteln, die alle angebotenen Substanzen langsam (oder schnell) resorbieren, nicht aber solche, die nur eine Substanz langsam (oder schnell) resorbierten. Dieses einheitliche Verhalten spricht auch dafür, dass eine schnellere Resorption nicht etwa auf einen technischen Fehler (z.B. auf die Durchlässigkeit eines Bal-lons) zurückzuführen ist; denn ein solches Versagen hätte sich bei der beschriebenen Prüfanordnung ja schon während bzw. nach dem Versuch bemerkbar machen müssen.

Kertai und Mitarbeiter (22) machten in Tierversuchen ähnliche Feststellungen hinsichtlich individueller Resorptionsunterschiede und bezogen dies auf einen verschiedenen ATP - Gehalt der Darmmukosa.

Ob man die Resorptionsverhältnisse im Bereich des Duodenums als verbindlich für die des gesamten Dünndarms betrachten darf, ist nicht eindeutig zu entscheiden. Sicher aber ist, dass die Zucker in der Hauptsache schon im oberen Dünndarmbereich resorbiert werden (11).

Abbildung 1 zeigt, dass Glukose in der gegebenen Menge von 5 g deutlich am schnellsten resorbiert wird. Nach 5-minütiger Verweildauer im Duodenum sind $\frac{2}{3}$ und nach 15 Minuten $\frac{4}{5}$ ins Blut aufgenommen. Fruktose und Sorbit werden während dieser Prüfzeiten zu ungefähr gleichen Mengen, nämlich je zur Hälfte bzw. zu $\frac{2}{3}$ resorbiert. Signifikant unterschiedlich verhalten sich die Fruktose- und Sorbitresorption zum 30-Minuten-Zeitpunkt. Es zeigt sich, dass der im Darmlumen verbleibende Sorbitrest um 50 % höher liegt als die nicht resorbierte Fruktose (siehe Abbildung 1). Glukose ist zu diesem Zeitpunkt nicht mehr nachweisbar.

Längere Prüfzeiten liessen sich in unserer Versuchsreihe aus technischen Gründen nicht ermöglichen. Die Ergebnisse scheinen aber zum 30-Minuten-Zeitpunkt deutlich genug zu sein, um eindeutige Schlüsse ziehen zu können.

Verzár (23) hat in Resorptionsversuchen bei Ratten gefunden, dass von Glukose und Galaktose in jeder Konzentration in der Zeiteinheit immer die gleichen Mengen resorbiert werden, während von Sorbose und Mannose die Resorptionsmenge von der ursprünglichen Konzentration im Darmlumen abhängt. Er vermutet, dass im ersteren Fall elektiv eine aktive Zelleistung der Darmmukosa, der natürliche Grenzen gesetzt sind, vorliegt. Dadurch wird ein von der Konzentration unabhängiges Gefälle vom Darmlumen zur Zelle aufrechterhalten, das eine beschleunigte Resorption erklärlich macht. Im Falle der Sorbose und Mannose läuft ein passiver Diffusionsvorgang ab, der von der Konzentration der Substanz abhängig ist.

Die Fruktose nahm in Verzár's Versuchen eine Mittelstellung ein. Nach diesem Autor hängt es jeweils von der Konzentration der Lösung ab, ob sich die Resorption der Fruktose in der für die Glukose und Galaktose beschriebenen oder in der für die passiv resorbierten Zucker aufgezeigten Weise verhält. Als Erklärung für die Eigenheiten der Fruktoseresorption gab er an, dass Fruktose in der Darmwand vorwiegend in Glukose umgewandelt wird. In den von uns beschriebenen Versuchen zeigen Glukose und Fruktose insofern ein ähnliches Verhalten, als ihre Resorption annähernd parallel verläuft, wobei die Glukoseresorption rascher abgeschlossen ist (siehe Abbildung 1).

Sorbit wird nach allgemeiner Ansicht passiv, d.h. durch reine Diffusion resorbiert. Für diesen Zuckeralkohol gilt also: je grösser die Konzentration ist, umso mehr wird resorbiert. Im Laufe der 30-Minuten-Resorptionszeit nimmt das Konzentrationsgefälle des Sorbits im Darmlumen immer mehr ab, sodass es folgerichtig zu einer "Bremsung" (24) der Resorption kommt. In dieser Versuchsreihe wird diese "Bremsung" nach 30 Minuten erkennbar (Abbildung 1) und lässt sich statistisch sichern.

Nach diesen Untersuchungen bleibt vor allem der Resorptionsmodus der Fruktose unklar. Mehnert et al. (24, 25) glauben jedoch, dass ihre Resorption, die der Glukose parallel verläuft, aber deutlich langsamer vor sich geht (Abbildung 1), nicht einfach damit erklärt werden kann, dass der Fruchtzucker in der Darmwand erst zu Glukose umgewandelt werden muss. In entsprechenden Versuchen an Diabetikern, an die hohe perorale Dosen von Fruktose verabreicht wurden, beobachteten sie nämlich keine Toleranzverschlechterung, die zwangsläufig dann auftreten müsste, wenn nennenswerte Mengen von Fruktose in Glukose umgewandelt würden. Ausserdem kommt es nach oraler Verabreichung von Fruktose zu einer deutlichen Fruktosämie, die von der verabreichten Menge abhängt (25). Die Autoren vermuten, dass für die verzögerte Fruktoseresorption Besonderheiten in der Phosphorylierung während der Resorption verantwortlich zu machen sind.

ZUSAMMENFASSUNG

Bei nüchternen gesunden Versuchspersonen wurde die duodenale Resorption von jeweils 5 g Glukose, Fruktose und Sorbit nach 5, 15 und 30 Minuten geprüft. Das Duodenum wurde mittels einer Doppelballonsonde nach Miller - Abbot verschlossen. Es wurde festgestellt, dass Glukose mit Abstand am schnellsten resorbiert wird und nach 30 Minuten praktisch nicht mehr nachzuweisen ist. Die Resorptionsquote für Sorbit und Fruktose verhält sich nach 5 und 15 Minuten annähernd gleich. Nach 30 Minuten jedoch war eine "Bremsung" der Sorbitresorption deutlich ersichtlich, während die Fruktoseresorption gleichmässig rasch voranschritt. Die Ergebnisse werden an Hand von älteren Befunden diskutiert. Als Erklärung für die verschiedenen Resultate wird eine aktive und passive Resorption der Prüfsubstanzen angenommen.

Tabelle 1: Einzelergebnisse von 17 gesunden Versuchspersonen, bei denen die Resorption von 5 g Sorbit, Fruktose oder Glukose nach einer Dauer von 5, 15 und 30 Minuten geprüft wurde.

Lfd.Nr.	Im Duodenum verbliebene Restmenge der Prüfsubstanzen in g								
	Sorbit			Fruktose			Glukose		
	5 Min.	15 Min.	30 Min.	5 Min.	15 Min.	30 Min.	5 Min.	15 Min.	30 Min.
1	0,66	0,72	1,80	0,62	2,74	0,63	0,44	0,31	--
2	3,12	0,74	0,09	0,82	0,18	0,75	0,54	0,12	--
3	2,68	2,63	1,24	4,25	4,03	0,71	1,56	0,97	--
4	2,25	1,71	0,75	1,02	0,43	0,27	0,61	0,08	--
5	2,24	1,85	1,22	3,46	1,51	0,51	0,65	0,39	--
6	2,57	2,94	1,69	2,69	2,58	1,16	3,10	1,80	--
7	3,12	3,01	1,83	3,75	3,48	1,58	2,64	1,08	1,03
8	3,13	2,08	1,69	2,75	2,50	1,48	1,43	1,29	--
9	3,07	2,65	2,12	4,89	2,76	1,88	2,73	2,35	--
10	3,01	0,85	2,13	4,33	1,99	0,71	2,26	0,42	--
11	1,74	1,42	1,92	2,29	1,01	0,92	2,22	0,42	--
12	2,46	2,16	0,79	1,77	0,31	0,008	0,38	1,10	0,017
13	2,46	1,76	0,61	2,23	2,61	0,42	2,41	1,35	1,23
14	2,80	1,84	1,95	2,55	2,22	0,53	0,68	0,74	--
15	3,26	3,12	1,87	3,20	2,29	1,92	1,59	1,14	0,11
16	2,55	2,50	2,04	3,51	1,87	0,62	3,12	1,72	--
17	2,94	1,76	0,13	2,42	0,85	0,98	1,87	0,02	--

Tabelle 2 - 4 : Mittelwerte, Varianzen und mittlere Fehler der Mittelwerte der Restmengen der 3 Substanzen nach den einzelnen Resorptionszeiten.

Tabelle 2

Sorbit

Resorptionszeit	$\bar{x}$	s^2	$\frac{s}{\bar{x}}$
5 Min.	2'592	0'4128	0'156
15 Min.	1'985	0'5867	0'186
30 Min.	1'404	0'4733	0'167
n = 2; $X_{\text{emp.}}^2 = 0'508$; p = 70 %			

Tabelle 3

Fruktose

Resorptionszeit	$\bar{x}$	s^2	$\frac{s}{\bar{x}}$
5 Min.	2'738	1'5286	0'300
15 Min.	1'971	1'2458	0'271
30 Min.	0'891	0'2999	0'133
n = 2; $X_{\text{emp.}}^2 = 10'189$; p = 1'0 %			

Tabelle 4

Glukose

Resorptionszeit	$\bar{x}$	s^2	$\frac{s}{\bar{x}}$
5 Min.	1'661	0'9452	0'236
15 Min.	0'841	0'4853	0'169
n = 1; $X_{\text{emp.}}^2 = 1'748$; p = 10 %			

Tabelle 5: Mittelwerte, Varianzen und mittlere Fehler der Mittelwerte des Restsorbites bei Männern und Frauen

Tabelle 5

Sorbit

Männer

Resorptionszeit	$\bar{x}$	s^2	$\frac{s}{\bar{x}}$
5 Min.	2'66	0'1361	0'089
15 Min.	2'27	0'2933	0'131
30 Min.	1'59	0'2086	0'111
$n = 2; \quad X_{\text{emp.}}^2 = 0'8922; \quad p = 50 \%$			

Frauen

Resorptionszeit	$\bar{x}$	s^2	$\frac{s}{\bar{x}}$
5 Min.	2'82	0'8475	0'223
15 Min.	2'08	0'9169	0'232
30 Min.	0'88	0'2712	0'128
$n = 2; \quad X_{\text{emp.}}^2 = 2'3817; \quad p = 20 \%$			

Tabelle 6: Mittelwerte, Varianzen und mittlere Fehler des Mittelwertes der Restfruktose bei Männern und Frauen.

Tabelle 6

Fruktose

Männer

Resorptionszeit	$\bar{x}$	s^2	$\frac{s}{\bar{x}}$
5 Min.	2'90	0'1012	0'077
15 Min.	1'86	0'7660	0'212
30 Min.	1'11	0'8318	0'221
n = 2; $X_{\text{emp.}}^2 = 6'2140$; p = 2 %			

Frauen

Resorptionszeit	$\bar{x}$	s^2	$\frac{s}{\bar{x}}$
5 Min.	2'81	2'0531	0'348
15 Min.	1'57	1'2051	0'266
30 Min.	0'95	0'5114	0'173
n = 2; $X_{\text{emp.}}^2 = 2'7874$; p = 20 %			

Tabelle 7 und 8: Varianzanalysen zur Bestimmung der Unterschiede in der Resorption zwischen den Geschlechtern bei Sorbit und Fruktose.

Tabelle 7

Sorbit

Art der Varianz	n	SAQ	MAQ	F _{emp.}	p
Zwischen Geschlechtern	1	0'6894	0'6894	1'39	--
Zwischen Zeiten	2	17'5705	8'7852	17'72	0'1 %
Geschlechter - Zeiten	2	2'0374	1'0187	2'05	--
Zwischen Blöcken	5	20'2973	4'0595		
Innerhalb Blöcken	36	17'8523	0'4959		
Gesamt - Varianz	41	38'1496	0'9305		

Tabelle 8

Fruktose

Art der Varianz	n	SAQ	MAQ	F _{emp.}	p
Zwischen Geschlechtern	1	0'3150	0'3150	--	--
Zwischen Zeiten	2	38'4217	19'2108	14'70	0'1 %
Geschlechter - Zeiten	2	0'9455	0'4727	--	--
Zwischen Blöcken	5	39'6822	7'9364		
Innerhalb Blöcken	36	47'0473	1'3069		
Gesamt - Varianz	41	86'7295	2'1153		

Tabelle 9: Varianzanalyse zur Ermittlung des Effektes der Reihenfolge der Applikation auf die Resorption von Sorbit.

Tabelle 9

Sorbit

Art der Varianz	n	SAQ	MAQ	F _{emp.}	p
Zwischen Gruppen	2	0'1078	0'0539	--	--
Zwischen Zeiten	1	2'3019	2'3019	4'30	5'0 %
Gruppen - Zeiten	2	0'2659	0'1330	--	--
Zwischen Blöcken	5	2'6756	0'5351		
Innerhalb Blöcken	24	12'8551	0'5356		
Gesamt - Varianz	29	15'5307	0'5355		

Tabelle 10: Varianzanalyse zur Ermittlung des Effektes der Reihenfolge der Applikation auf die Resorption von Fruktose.

Tabelle 10

Fruktose

Art der Varianz	n	SAQ	MAQ	F _{emp.}	p
Zwischen Gruppen	2	6'7606	3'3803	2'81	--
Zwischen Zeiten	1	5'1585	5'1585	4'28	5'0 %
Gruppen - Zeiten	2	0'8956	0'4478	--	--
Zwischen Blöcken	5	12'8147	2'5629		
Innerhalb Blöcken	24	28'9092	1'2045		
Gesamt - Varianz	29	41'7239	1'4388		

Tabelle 11: Varianzanalyse zur Ermittlung des Effektes der Reihenfolge der Applikation auf die Resorption von Glukose.

Tabelle 11

Glukose

Art der Varianz	n	SAQ	MAQ	F _{emp.}	p
Zwischen Gruppen	2	2'9570	0'1478	--	--
Zwischen Zeiten	1	4'9695	4'9695	6'32	5'0 %
Gruppen - Zeiten	2	0'4762	0'2381	--	--
Zwischen Blöcken	5	8'4027	1'6805		
Innerhalb Blöcken	24	18'8797	0'7867		
Gesamt - Varianz	29	27'2824	0'9408		

Tabelle 12: Varianzanalyse zur Prüfung des Unterschiedes zwischen der Resorption von Sorbit und Fruktose nach einer Resorptionsdauer von 30 Minuten.

Tabelle 12

Art der Varianz	n	SAQ	MAQ	F _{emp.}	p
Zwischen Präparaten	1	2'2416	2'2416	10'16	1'0 %
Zwischen Probanden	16	8'8394	0'5525	2'50	5'0 %
Probanden - Präparate	16	3'5319	0'2207		
Gesamt - Varianz	33	14'6129	0'4428		

Tabelle 13 und 14: Varianzanalysen zur Prüfung der Regression zwischen Resorptionsdauer und resorbierter Menge bei Sorbit und Fruktose.

Tabelle 13

Sorbit

Art der Varianz	n	SAQ	MAQ	F _{emp.}	p
Regression	1	11'7964	11'7964	31'84	0'1 %
Zwischen Probanden	16	11'5332	0'7208	1'94	--
Reduzierte Varianz	33	12'2277	0'3705		
Gesamt - Varianz	50	35'5573	0'7111		
Art der Varianz					
Rest - Varianz	32	12'0328	0'3760		
Abweichung	1	0'1949	0'1949		
Reduzierte Varianz	33	12'2277	0'3705		

Tabelle 14

Fruktose

Art der Varianz	n	SAQ	MAQ	F _{emp.}	p
Regression	1	29'2846	29'2846	52'93	0'1 %
Zwischen Probanden	16	30'9400	1'9337	3'49	1'0 %
Reduzierte Varianz	33	18'2573	0'5533		
Gesamt - Varianz	50	78'4819	1'5696		
Art der Varianz					
Rest - Varianz	32	18'2482	0'5703		
Abweichung	1	0'0089	0'0089		
Reduzierte Varianz	33	18'2573	0'5533		

Tabelle 15: Varianzanalyse zur Prüfung des Unterschiedes in der Resorptionsgeschwindigkeit zwischen Sorbit und Fruktose. (Resorptionsdauer mindestens 5 Min., höchstens 30 Min.).

Tabelle 15

Art der Varianz	n	SAQ	MAQ	F _{emp.}	p
Regression	1	39'1269	39'1269	80'81	0'1 %
Zwischen Probanden	16	35'9005	2'2438	4'63	0'1 %
Zwischen Präparaten	1	0'4117	0'4117		
Probanden - Präparate	16	6'5726	0'4108		
Reduzierte Varianz	67	32'4393	0'4842		
Gesamt - Varianz	101	114'4510	1'1332		
Art der Varianz					
Rest - Varianz	66	32'2951	0'4893		
Abweichung	1	0'1442	0'1442		
Reduzierte Varianz	67	32'4393	1'1332		
Art der Varianz					
Innerhalb reduzierte Varianz	66	30'4850	0'4619		
Abweichung	1	1'9543	1'9543	4'23	5'0 %
Gesamte reduzierte Varianz	67	32'4393	1'1332		

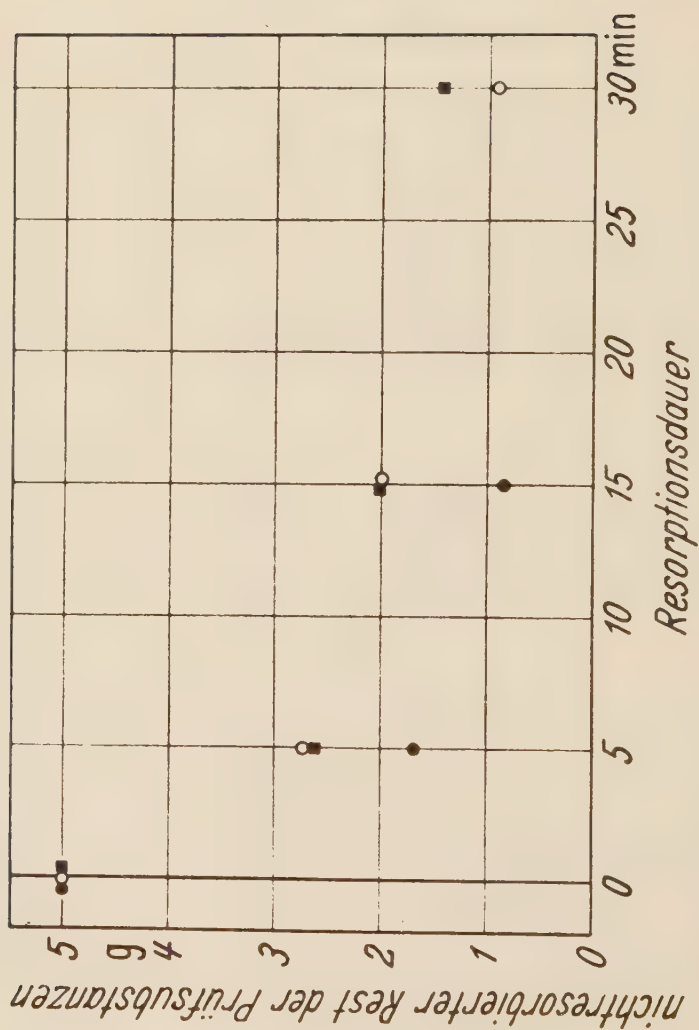


Abb. 1. Die Resorption von Glucose, Fructose und Sorbit im Duodenum gesunder Versuchspersonen. ● Glucose; ○ Fructose; ■ Sorbit

Herrn Professor Dr. W. SEITZ bin ich für die Überlassung des
Themas, Herrn Dr. H. MEHNERT für seine Hilfe und sein ste-
tes Interesse am Fortgang der Untersuchungen zu grossem Dank
verpflichtet.

LITERATURVERZEICHNIS

- 1) NAGANO, J.: Pflügers Arch. 90, 338 (1902).
- 2) CORI, C.F.: J. biol. Chem. 66, 691 (1925); 73, 554 (1928).
- 3) CORI, C.F.: Proc. Soc. Exper. Biol. 22, 497 (1925).
- 4) CORI, C.F.: Proc. Soc. Exper. Biol. 23, 459 (1926).
- 5) BURGET, G.E.; MOORE, P.H. und LLOYD, R.:
Amer. J. Physiol. 101, 565 (1932).
- 6) WILBRANDT, W. und LASZT, L.:
Biochem. Z. 259, 398 (1933).
- 7) WERTHEIMER, E.: Pflügers Arch. 233, 514 (1933).
- 8) ADCOCK, L.H. und GRAY, C.H.:
Biochem. J. 65, 554 (1957).
- 9) WICK, A.N.; ALMEN, C.A. und JOSEPH, L.:
J. Am. Pharm. Ass. 40, 542 (1951).
- 10) GRAFE, E.: Ernährungs- und Stoffwechselkrankheiten und ihre
Behandlung. 2. Auflage. Springer, Berlin-Göttingen-
Heidelberg, 1958, S. 539.
- 11) CUMMINS, A.J. und JUSSILA, R.:
Gastroenterology 29, 982 (1955).
- 12) FRIDHANDLER, L. und QUASTEL, J.H.:
Arch. Bioch. Biophys. 56, 412 (1955).
- 13) GRAIG et al.: Zitiert in SHUMAN, C.R. et al.:
Amer. J. Clin. Nutr. 4 (I) 617 (1956).
- 14) BREISCH, BLAKELY, ANSHEL, SILVER and REINER, STETTEN and STETTEN,
JOHNSTON and DEUEL, CAR and FORMAN: Zitiert in SHUMAN et al.:
Siehe unter 13).
- 15) SEITZ, W.: Klin. Wschr. 22, 519 (1943)
- 16) PANNHORST und SCHACHERL:
Med. Klinik 54, 1539 (1959).
- 17) MÜLLER, F. und O. SEIFERT:
Taschenbuch der Medizinisch - klinischen Diagnostik,
66. Aufl. S. 232, München, J.F. Bergmann 1949.

- 18) STÖHR, R.: Hoppe-Seylers Zschr. physiol. Chem. 178, 839 (1949).
- 19) GOLDSTEIN, J.H. and N.P. EPSTEIN: J. biol. Chem. 178, 839 (1949).
- 20) WEST, C.D. and S. RAPOPORT: Proc. Soc. Exp. Biol. 70, 141 (1949).
- 21) VAN DER WAERDEN, B.L.: Mathematische Statistik, S. 345.
- 22) KERTAI, P., L. FEHER und T. GATI: Acta physiol. (Budapest) 10, 33 (1956).
- 23) VERZÁR, F.: Biochem. Z. 276, 17 (1935).
- 24) MEHNERT, H., K. STUHLFAUTH, B. MEHNERT, R. LAUSCH und W. SEITZ: Klin. Wschr. 37, 1138 - 1142 (1959).
- 25) MEHNERT, H., K. STUHLFAUTH, B. MEHNERT, L. WIENER und A. HOEFLMAYR: Münch. Med. Wschr. 102, 276 (1960).

LEBENS LAUF

Ich, Ruth Agnes Mechthilde Lausch, wurde am 14. Dezember 1934 als erste Tochter des Industriekaufmannes Reinhard Lausch und seiner Ehefrau Rosa, geborene Wankmiller, in Lugknitz/Schlesien, geboren.

Dort besuchte ich bis zum Jahre 1945 die Volksschule. Nach unserer Flucht trat ich 1946 in die Oberrealschule zu Oberstdorf im Allgäu ein und legte an dieser Anstalt 1953 das Abitur ab. Anschliessend erfolgte meine Immatrikulation an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München.

Meine gesamte Studienzeit verbrachte ich in München und bestand am 7. August 1959 vor dem Ausschuss für die ärztliche Prüfung das Medizinische Staatsexamen.

Seit September 1959 bin ich als Medizinalpraktikantin an der Medizinischen Poliklinik der Universität München tätig.

